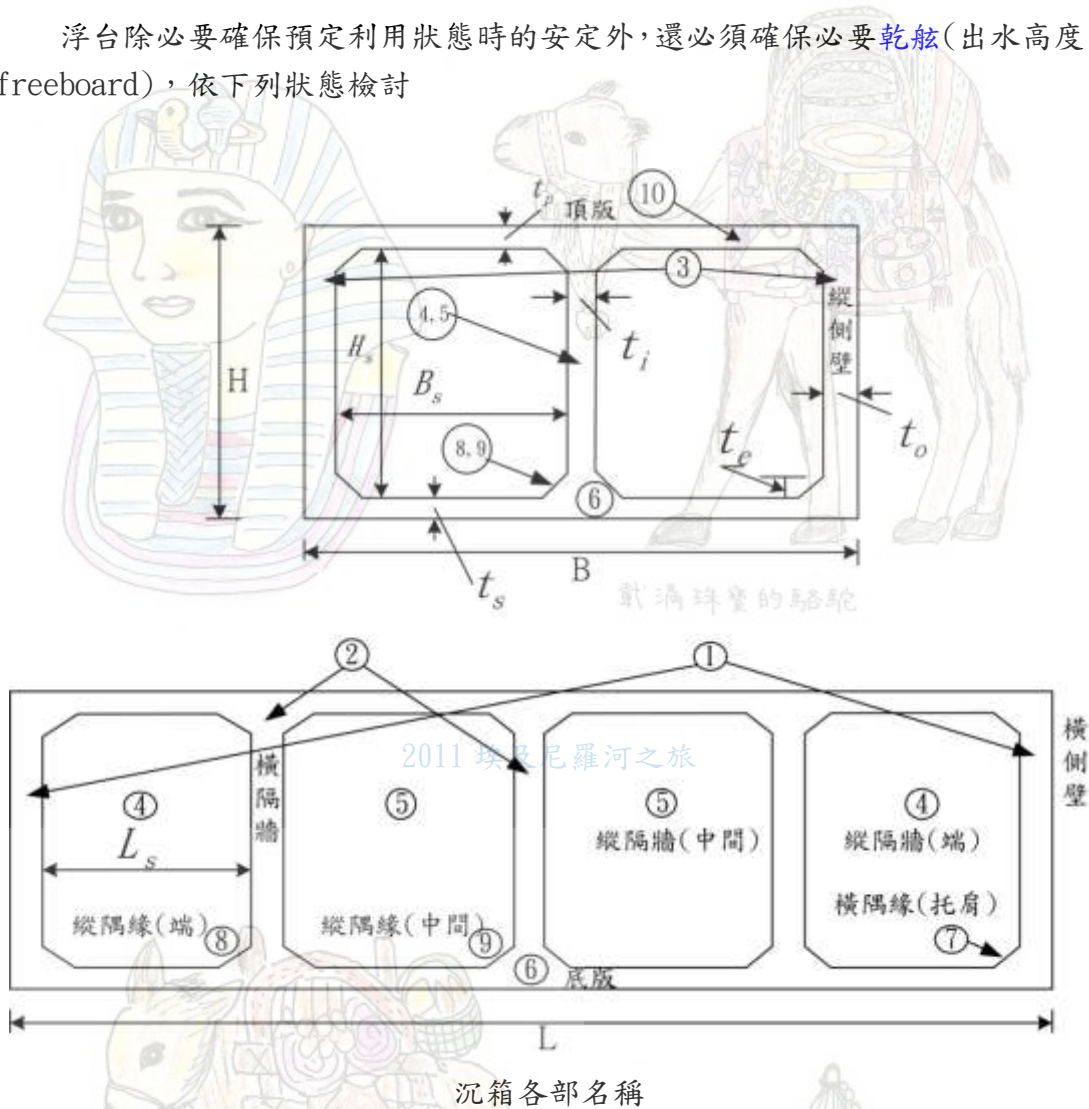


## 浮棧橋碼頭設計安定計算

浮台除必要確保預定利用狀態時的安定外，還必須確保必要乾舷(出水高度，freeboard)，依下列狀態檢討



### 1) 吃水深度

沉箱尺寸為  $H$ =堤高  $B$ =堤寬  $L$ =堤長，平行法線方向有  $m$  個隔牆，垂直法線方向有  $n$  個隔牆，共  $(m+1)(n+1)$  個隔室。各構材厚度如下：

$t_e$ =隅緣高， $t_i$ =隔牆厚， $t_o$ =外壁厚， $t_s$ =底版厚， $t_p$ =頂版厚

$$B_s = \text{隔室寬} = (B - 2 \times t_o - n \times t_i) / (n + 1)$$

$$L_s = \text{隔室長} = (L - 2 \times t_o - m \times t_i) / (m + 1)$$

$$H_s = \text{隔室高} = (H - t_p - t_s)$$

側壁及底版視為連續版，隔牆視為柱，其體積如下：

$V_0$ =沉箱總體積

$V_{rc}$ =沉箱鋼筋混凝土部份總體積

$V_1$ =沉箱水中體積

$V_2$ =沉箱水面上體積

$\gamma_w$ =海水單位體積重量

$\gamma_{rc}$ =鋼筋混凝土單位體積重量

(1) 計算總體積  $V_0$

$$V_0 = BHL$$

(2) 計算沉箱鋼筋混凝土部份總體積  $V_{rc}$

① 橫側壁  $v_1 = t_o * (H - t_s - t_p) * B * 2$

② 縱側壁  $v_2 = t_o * (H - t_s - t_p) * (L - 2t_o) * 2$

③ 橫隔牆  $v_3 = t_i * (H - t_s - t_p) * (B - 2t_o) * m$

④ 縱隔牆  $v_4 = t_i * (H - t_s - t_p) * (L - 2t_o - t_i * m) * n$

⑤ 底版  $v_5 = t_s * B * L$

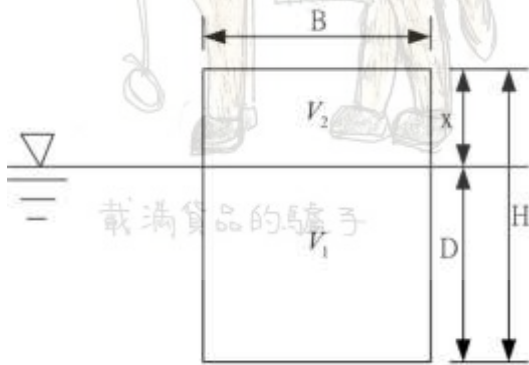
⑥ 頂版  $v_6 = t_p * B * L$

⑦ 水平偶緣  $v_7 = t_e^2 / 2 * [4 * (L_s + B_s)] * (m + 1) * (n + 1)$

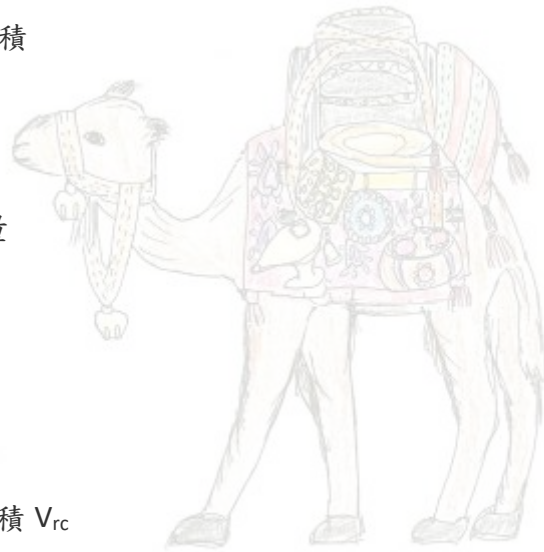
⑧ 垂直偶緣  $v_8 = t_e^2 / 2 * (H - t_s - t_p) * 4 * (m + 1) * (n + 1)$

$$V_{rc} = \sum v_i \quad (i=1 \sim 8) \quad (m^3)$$

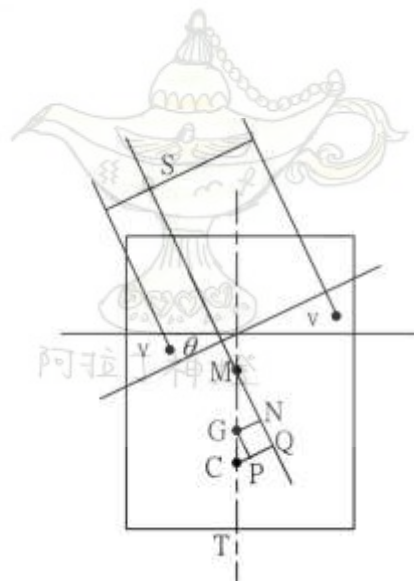
(3) 計算水面上體積  $V_2$ (如下圖)



$$V_2 = xBL$$



載滿珠寶的駱駝



阿拉伯商

(4) 計算水面上高度(乾舷)X

依下式

$$V_2 = V_o - \frac{\gamma_{rcr}}{\gamma_w} V_{rc}$$

得

$$x = H - \frac{\gamma_{rc}}{\gamma_w} \frac{V_{rc}}{BL}$$

即得沉箱吃水 D 如下

$$D = H - x = \frac{\gamma_{rc}}{\gamma_w} \frac{V_{rc}}{BL}$$



載滿珠寶的駱駝

2) 浮心 C 位置

底面上至浮心位置

2011 埃及尼羅河之旅

$$\overline{TC} = \frac{1}{2} D$$

3) 重心 G 位置

(a) 底面上至各構材重心位置如下：

- ① 橫側壁  $g_1 = t_s + (H - t_s - t_p)/2$
- ② 縱側壁  $g_2 = t_s + (H - t_s - t_p)/2$
- ③ 橫隔牆  $g_3 = t_s + (H - t_s - t_p)/2$
- ④ 縱隔牆  $g_4 = t_s + (H - t_s - t_p)/2$
- ⑤ 底版  $g_5 = t_s/2$
- ⑥ 頂版  $g_6 = H - t_p/2$
- ⑦ 水平偶緣  $g_7 = t_s + t_e^2 * 2/3$
- ⑧ 垂直偶緣  $g_8 = t_s + (H - t_s - t_p)/2$



阿拉丁神燈

(b) 各構材對底面的力矩  $m_i$

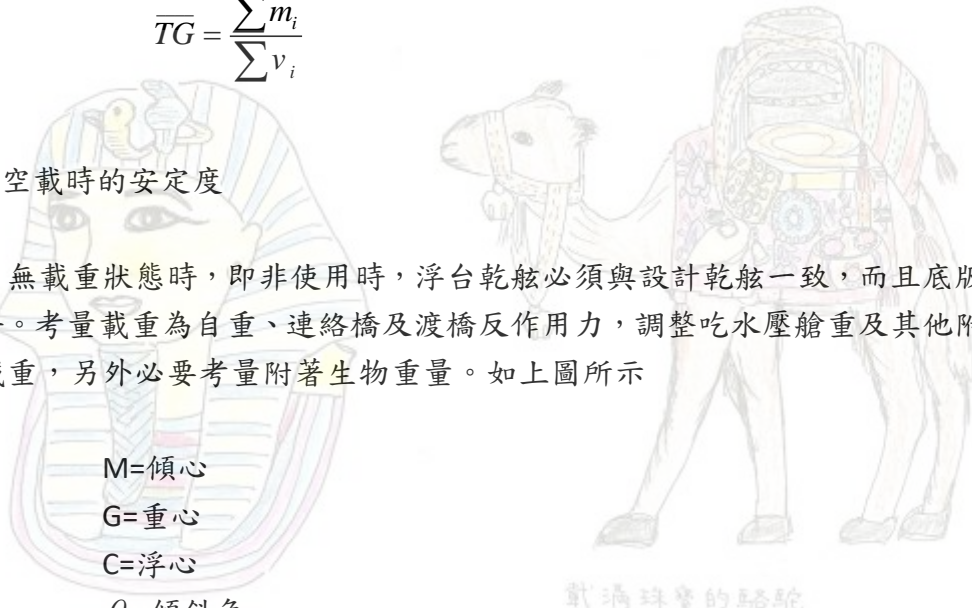
$$m_i = v_i * g_i \quad (m^4) \quad (i=1\sim 8)$$

(c) 沉箱底面上重心位置

$$\overline{TG} = \frac{\sum m_i}{\sum v_i}$$

4) 空載時的安定度

無載重狀態時，即非使用時，浮台乾舷必須與設計乾舷一致，而且底板保持水平。考量載重為自重、連絡橋及渡橋反作用力，調整吃水壓艙重及其他附屬設施載重，另外必要考量附著生物重量。如上圖所示



M=傾心

G=重心

C=浮心

$\theta$  = 傾斜角

$V_1$  = 沉箱沒水部份體積

I = 吃水線斷面對縱軸的斷面 2 次力矩

$v$  = 傾斜時變位沒水部份體積 尼羅河之旅

S = 相當於  $v$  體積水重量的力引起力矩的力臂

GN = 復原力矩的力臂

① 傾心 M

$$\overline{MC} = \frac{I}{V_1} = \frac{\frac{B^3 L}{12}}{DBL} = \frac{B^2}{12D}$$

即

$$\overline{MG} = \overline{MC} - \overline{GC} = \overline{MC} - (\overline{TG} - \overline{TC})$$

若  $\overline{MG} > 0$  表示安定。

② 小傾斜復原力矩 ( $\theta \leq 5^\circ$ )

$$GN = MG \sin \theta$$

復原力矩 R 為

$$R = \overline{GN} * W = \overline{GN} * \gamma_w * V_1$$

載滿珠寶的駱駝

阿拉丁神燈

© 大傾斜復原力矩( $\theta > 5^\circ$ ), 但  $\theta < 37^\circ 40'$  (一邊堤面沒入水面的角度)

$$\overline{CQ} = \frac{vS}{V_1}$$

$$\overline{CP} = \overline{GC} \sin \theta$$

$$\overline{GN} = \overline{CQ} - \overline{CP}$$

復原力矩 R 為

$$R = \overline{GN} * W = \overline{GN} * \gamma_w * V_1$$

復原力矩越大表示浮台時越安定。

5) 滿載時的安定度

滿載, 甲板上載重為  $wkN/m^2$  時, 浮台總體重量  $W_1$  為

$$W_1 = \gamma_{rc} V_{rc} + wBL \quad \text{埃及尼羅河之旅}$$

吃水 D 及乾舷 x 為

$$D = \frac{W}{\gamma_w BL}$$

$$x = H - D$$

視載重的作用高度與浮台甲板高度一樣, 即載重與浮台一體時, 底板至重心高度 G 為

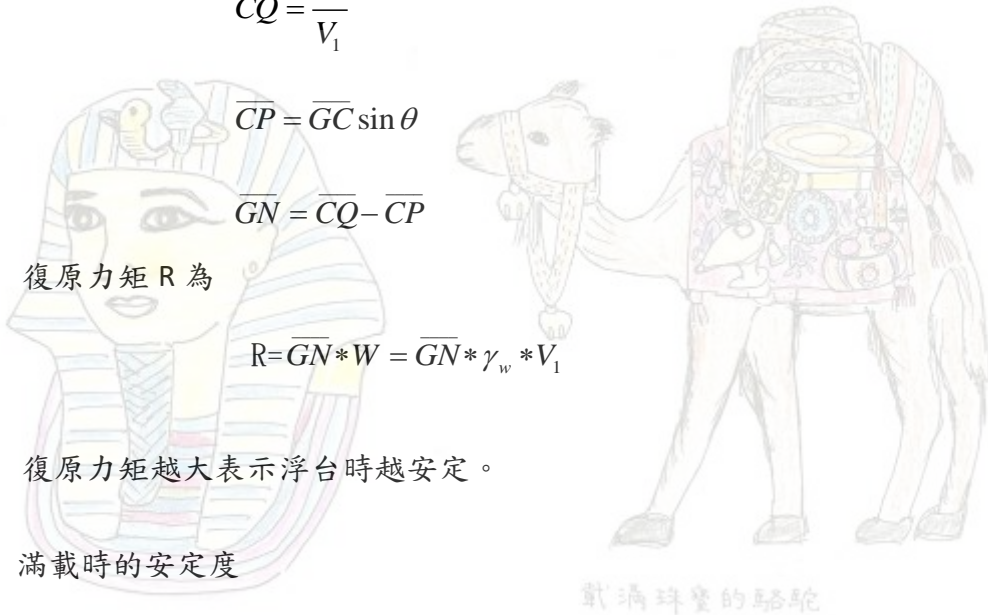
$$\overline{TG} = \frac{\gamma_{rc} \sum v_i * g_i + wBL * H}{\gamma_{rc} \sum v_i + wBL}$$

傾心 M

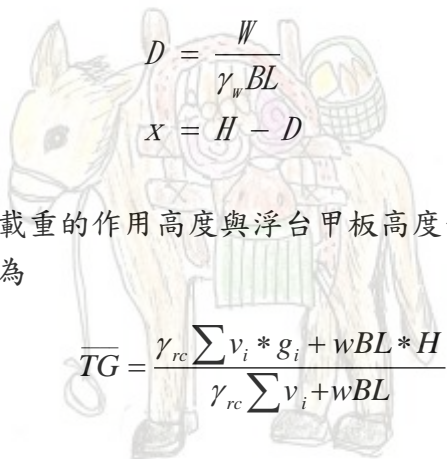
$$\overline{MC} = \frac{I}{V_1} = \frac{\frac{B^3 L}{12}}{DBL} = \frac{B^2}{12D}$$

即

$$\overline{MG} = \overline{MC} - \overline{GC} = \overline{MC} - (\overline{TG} - \overline{TC})$$



載滿珠寶的駱駝



阿拉丁神燈

若  $\overline{MG} > 0$  表示安定。

復原力計算方法同上述。

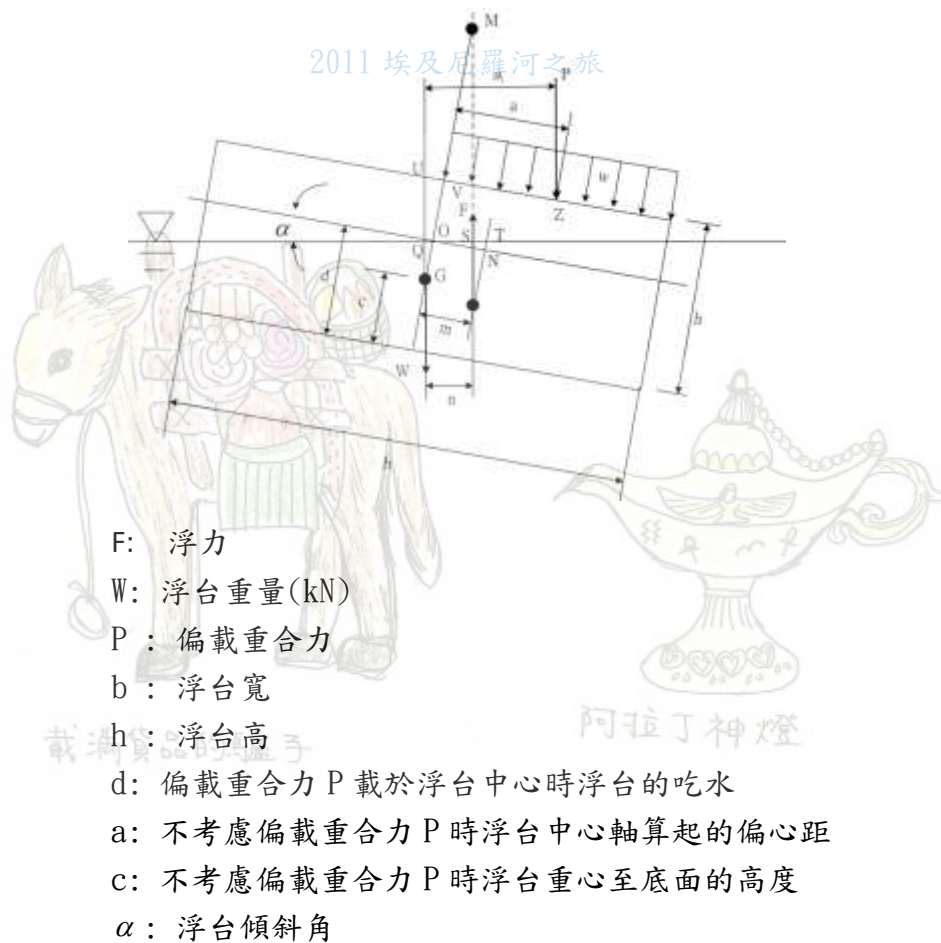
### 6) 部份隔艙進水時

浮台上分佈載重滿載，萬一外牆破損，若干隔艙進水時，確認浮台乾舷必須在水面以上，且滿足浮台安定條件。若假定進水高度為浮台高度 10%，浮台內部填充有發泡劑時，安定條件如下：

$$\frac{\gamma_w}{W} (I - \sum i) - \overline{CG} = \overline{MG} > 0$$

$i$ : 進水隔艙對平行浮台回轉軸的斷面 2 次力矩

### 7) 偏心載時的安定度



以浮台長軸為中線，一側載重滿載時，確認乾舷必須在水面以上，浮台傾斜角度在容許傾斜範圍內，一般為 1:10。

檢討方法為首先計算出，浮台一側載重滿載，傾斜至安定位置時的傾斜  $\alpha$ 。由於

必須成立，浮力  $F$  為

又因

$$F * n = P * a_1$$

$$F = P + W$$

$$n = \overline{QS} = \overline{QO} + \overline{OT} - \overline{ST}$$

$$= \frac{m}{\cos \alpha} - \left[ \frac{m}{2} \tan \alpha + c - \frac{d}{2} \right]$$

$$a_1 = (\overline{ZV} + \overline{WU}) \cos \alpha$$

$$= a \cos \alpha + (h - c) \sin \alpha$$

$$m = \frac{b^2}{12} \tan \alpha$$

得

$$(W + P) \left\{ \frac{b^2 \tan \alpha}{12d \cos^2 \alpha} - \left[ \frac{b^2}{24d} \tan^2 \alpha + c - \frac{d}{2} \right] \tan \alpha \right\} - P[a + (h - c) \tan \alpha] = 0$$

$\alpha$  值小時， $\cos^2 \alpha \approx 1 - \tan^2 \alpha$ ， $\alpha < 10^\circ$  小時，可忽略  $\tan^5 \alpha$  及  $\tan^3 \alpha$ ，將上式近似為如下式所述對  $\tan \alpha$  的 2 次方程式。

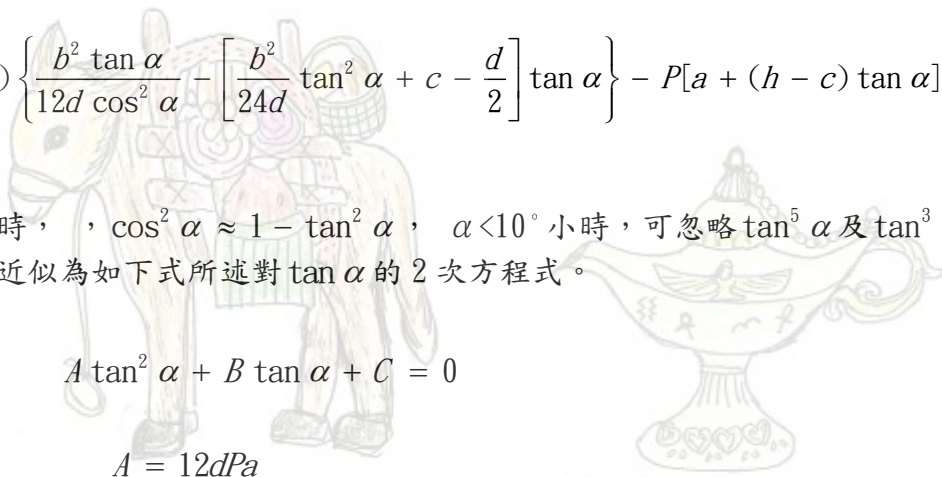
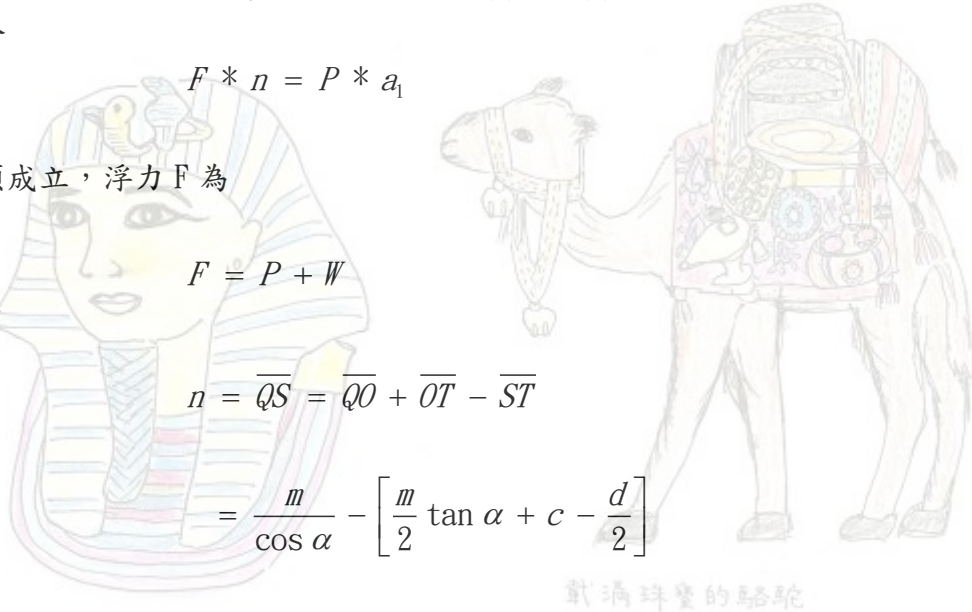
$$A \tan^2 \alpha + B \tan \alpha + C = 0$$

$$A = 12dPa$$

$$B = \left\{ (W + P) \left[ b^2 - 12d \left( c - \frac{d}{2} \right) \right] - 12dP(h - c) \right\}$$

$$C = -12dPa$$

解之得



2011 埃及尼羅河之旅

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt{B^2 - 4AC}$$

定傾高可依下式計算

$$\overline{MG} = \frac{n}{\sin \alpha}$$

若  $\overline{MG} > 0$ ，表示安定。



回浮棧橋碼頭設計



回港灣設施設計

載滿珠寶的駱駝

2011 埃及尼羅河之旅



載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈